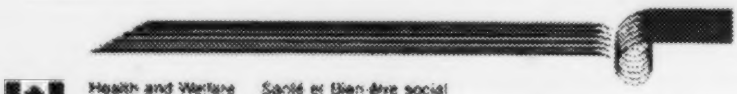
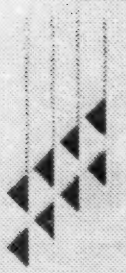


Health and Welfare Canada
Santé et Bien-être social Canada

Radiation Protection in Veterinary Medicine

Recommended Safety Procedures for Installation and Use of Veterinary X-Ray Equipment

Safety Code 28



Canada

101-04459/

Radiation Protection in Veterinary Medicine

Recommended Safety Procedures for Installation and Use of Veterinary X-Ray Equipment

Safety Code 28

Environmental Health Directorate
Health Protection Branch

Published by authority of the Minister of
National Health and Welfare

Également disponible en français sous le titre
Radioprotection en médecine vétérinaire

EHD-TR-151

© Minister of Supply and Services Canada 1991

Available in Canada through associated bookstores and other booksellers

or by mail from

Canadian Government Publishing Centre
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada K1A 0S9

Cat. H46-2/91-151E
ISBN 0-660-13684-8

Table of Contents

		Page
Explanatory Notes		5
1.	**Introduction**	7
2.	**Principal Aims and Scope of the Code**	8
2.1	Principal Aims	8
2.2	Scope	8
3.	**Responsibility and Personnel**	9
3.1	Responsibility	9
3.2	Responsible User	9
3.3	X-Ray Equipment Operators	10
3.4	Students or Operators-in-Training	11
4.	**Building and Installation Requirements**	12
4.1	Design Criteria	12
4.2	General Recommendations	13
5.	**Radiation Protection Surveys**	15
5.1	General Procedures	15
5.2	Survey Report	15
6.	**Equipment Specifications**	17
6.1	X-Ray Equipment	17
6.2	Protective Clothing	19
6.3	Darkroom and Film Processing	20
7.	**Procedures to Reduce Dose to X-Ray Personnel**	21
7.1	General Recommendations	21

Pageendices

I	Permissible Dose Equivalent Limits of X-Radiation to Operators and Other Occupationally Exposed Personnel	23
II	Shielding Guides for Veterinary X-Ray Facilities	25
III	Shielding Guides for Storage of Radiographic Film	33
IV	Agencies Responsible for Radiation Safety of Veterinary X-Ray Facilities	34
V	Radiation Measurement Units – International (SI) System	37
Bibliography		38

Explanatory Notes

This document is one of a series of safety codes prepared by the Bureau of Radiation and Medical Devices to set out requirements for the safe use of radiation-emitting equipment. Included in this code are sections for the specific guidance of the veterinarian, the operator and the health physicist concerned with safety procedures, equipment performance and protection surveys.

The safety procedures, equipment and installation guidelines detailed in this code are primarily for the instruction and guidance of persons employed in Federal Public Service departments and agencies, as well as those under the jurisdiction of the Canada Labour Code. Facilities under provincial jurisdiction may be subject to requirements specified under provincial statutes. The authorities listed in Appendix IV should be contacted for details of the regulatory requirements of individual provinces.

The words "*must*" and "*should*" in this code have been chosen with purpose. The word "*must*" indicates a recommendation that is essential to meet the currently accepted standards of protection, while "*should*" indicates an advisory recommendation that is highly desirable and should be implemented where applicable.

In a field in which technology is advancing rapidly and where unexpected and unique problems continually occur, the code cannot cover all possible situations. Blind adherence to rules cannot substitute for the exercise of sound judgement. Recommendations may be modified in unusual circumstances but only upon the advice of experts with recognized competence in radiation protection. This code will be reviewed and revised periodically, and a particular requirement may be reconsidered at any time if it becomes necessary to cover an unforeseen situation. Interpretation or elaboration on any point can be obtained by contacting the Bureau of Radiation and Medical Devices, Department of National Health and Welfare, Ottawa, Ontario K1A 1C1.

This code reflects the results of the work of many individuals. It was prepared and compiled by Mr. C. Lavoie and reviewed by the professional staff of the X-Ray Section, Bureau of Radiation and Medical Devices.

Appreciation is expressed to all organizations, agencies and individuals whose comments and suggestions helped in the preparation of this code.

1. Introduction

Diagnostic radiology is an essential part of present-day veterinary practice. The need for radiation protection exists because occupational exposure to ionizing radiation can result in deleterious effects that may manifest themselves not only in exposed individuals but in their descendants as well. These are respectively called somatic and genetic effects. Somatic effects are characterized by observable changes occurring in the body organs of the exposed individual. These changes may appear from within a few hours to many years later, depending on the amount and duration of exposure of the individual. In veterinary medicine, the possibility that anyone may be exposed to enough radiation to create somatic effect is extremely remote. Genetic effects are more a cause for concern at the lower doses used in veterinary radiology. Although the radiation doses may be small and appear to cause no observable damage, the probability of chromosomal damage in the germ cells, with the consequence of mutations, does exist. These mutations may give rise to genetic defects and therefore make these doses significant when applied to a large number of individuals.

There are two main aspects of the problem to be considered. First, personnel working with X-ray equipment *must* be protected from excessive exposure to radiation during their work. Secondly, personnel in the vicinity of veterinary X-ray facilities and the general public require adequate protection.

2. Principal Aims and Scope of the Code

This safety code is concerned with the protection of all individuals who may be exposed to radiation emitted by X-ray equipment used in the practice of veterinary radiology.

2.1 Principal Aims

The principal aims of this code are:

1. to provide radiation safety information for the protection of personnel operating or servicing X-ray equipment; and
2. to provide radiation safety information for the protection of other workers and the general public in the vicinity of areas where X-ray equipment is in operation.

2.2 Scope

To assist personnel in achieving these objectives, this safety code:

1. sets out the relative responsibilities of the owner, responsible user, operator and other personnel;
2. provides information for designing shielding and determining its effectiveness and adequacy in attenuating primary and stray radiation, and
3. presents recommendations for minimizing irradiation to the operators and ensuring that veterinary X-ray equipment is used in a safe manner.

3. Responsibility and Personnel

3.1 Responsibility

The owner is ultimately responsible for the radiation safety of a veterinary X-ray facility. It is the responsibility of the owner to ensure that the X-ray equipment provided for the *responsible user* and operators, and the facility in which such equipment is installed and used meet all applicable radiation safety standards.

The owner may delegate this responsibility to staff. How this responsibility is delegated will depend upon the number of staff members and on the amount of X-ray equipment owned. In any event, one or more persons *must* be designated to carry out the roles described below.

3.2 Responsible User

There *must* be at least one person designated as the responsible user (veterinarian, animal health technologist, registered radiology technician) to undertake responsibility for:

1. ensuring that the equipment is maintained properly and functions correctly and that maintenance is performed by competent personnel;
2. ensuring that the equipment is used correctly and only by competent personnel;
3. establishing safe operating procedures for the equipment and ensuring that operating staff are adequately instructed in them;
4. prescribing rules of radiation safety and ensuring that staff are made aware of them;
5. ensuring that radiation levels outside controlled areas are below the permissible limits of Appendix I;
6. ensuring that the facility complies with all applicable regulatory requirements;
7. establishing safe working conditions according to the recommendations of this safety code and the statutory requirements of federal or provincial legislation where applicable;

8. carrying out routine checks of equipment and facility safety features;
9. keeping records of radiation surveys, including summaries of corrective measures recommended or instituted;
10. declaring which personnel are occupationally exposed persons: these persons are either routinely participating in radiological procedures or are likely to receive a radiation dose in excess of 1/20th of the permissible dose equivalent limits specified in Appendix I;
11. organizing participation, where necessary, in a personnel radiation monitoring service such as that provided by the Bureau of Radiation and Medical Devices, Department of National Health and Welfare, Ottawa, Ontario K1A 1C1;
12. ensuring that all occupationally exposed persons wear personal dosimeters during radiological procedures or when occupational exposures are likely;
13. keeping records of occupational exposures received by personnel;
14. investigating each known or suspected case of excessive or abnormal occupational exposure to determine the cause and to take remedial steps to prevent its recurrence;
15. ensuring that all safety devices recommended by this code are in good condition;
16. ensuring that appropriate warning signs are properly located, and
17. ensuring that operators understand the contents of this code.

3.3 X-Ray Equipment Operators

All operators *must*:

1. be aware of the contents of this safety code;
2. be aware of the radiation hazards associated with their work and of their duty to protect themselves and others, and
3. have a thorough understanding of their professions, of safe working methods and of special techniques.

A female operator *should* be encouraged to notify her employer if she believes herself pregnant. Appropriate steps may then be taken to ensure that her work duties during the remainder of the pregnancy are compatible with the permissible dose equivalent limits, as set out in Appendix I.

3.4 Students or Operators-in-Training

All students, operators-in-training and personnel not experienced in the use of X-ray equipment *must* work only under the direct supervision of a qualified operator. Dose equivalent limits for students and operators-in-training *should not* be greater than the limits set for members of the public.

4. Building and Installation Requirements

4.1 Design Criteria

In the planning of any veterinary X-ray facility, account *must* be taken of the expected maximum workload of the equipment, use factors of the barriers and occupancy factors for areas adjacent to the facility. Allowance *should* be made for possible future changes in any of these parameters, such as increased operating X-ray tube voltage and workload or an increase in the degree of occupancy of surrounding areas.

It is particularly advantageous to make visual inspections during construction of a new facility to ensure compliance with specifications and to identify faulty material or workmanship. Deficiencies can be remedied more economically at this stage than later. Such inspections *should* verify the thickness and density of all barriers, including lead sheets, concrete walls and shielding glass used in viewing windows.

Certain basic principles *must* be observed when determining the shielding requirements for a room used routinely for veterinary radiological procedures.

1. The radiation levels in controlled areas that are routinely occupied by radiation workers only *must* be such that no radiation worker is occupationally exposed to more than 20 mSv per year.
2. The radiation levels in uncontrolled areas *must* be such that no person can receive more than 1 mSv per year.

In general, radiation levels close to the X-ray equipment are such that the above limits are exceeded even at very low workloads. Reductions in radiation intensity can be accomplished by interposing physical barriers or increasing the distance between the sources of radiation and the persons to be protected.

The shielding required to reduce radiation levels to acceptable values may be determined on the basis of distance, nominal X-ray tube voltage, and workload. To ensure that the radiation levels are always below acceptable limits, the maximum expected workload *should* be used.

4.2 General Recommendations

The procedures described below *must* be followed to protect personnel working with or in the vicinity of X-ray equipment.

1. The radiation beam must *always* be directed toward adequately shielded or unoccupied areas.
2. The radiation beam and scattered radiation *should* be attenuated as closely as possible to the source.
3. Where necessary, the floors, walls, ceilings and doors *must* be built with materials providing adequate radiation protection to workers.
4. The shielding *should* be constructed to form an unbroken barrier. Care *should* be taken in the use of shielding materials, especially lead, which *must* be adequately supported to prevent "creeping".
5. When necessary, a control booth *must* be provided for the protection of the operator. The control booth and its viewing window *must* have shielding properties such that no operator is exposed to more than 20 mSv per year. Mobile protective barriers are not considered adequate as a control booth except for facilities requiring no shielding at 1 metre from source, or where 1/20 of permissible dose equivalent limits are not likely to be exceeded at 1 metre.
6. The control booth *should* be located, whenever possible, such that the radiation has to be scattered at least twice before entering the booth. In facilities where the radiation beam may be directed toward the booth the shielding of the booth must be that of a primary barrier.
7. The control booth *should* be positioned so that during an irradiation no one can enter the radiographic room without the knowledge of the operator.
8. Warning signs *must* be posted on all entrance doors of radiographic room. The warning signs *must* incorporate the X-radiation warning symbol and *should* incorporate the words "Unauthorized Entry Prohibited."
9. The final plans for the facility *must* be reviewed by the appropriate responsible government agencies before construction. For facilities under federal jurisdiction; the responsible agency is the Bureau of Radiation and Medical Devices of the Department of National Health and Welfare. For facilities under provincial jurisdiction the responsible agencies are listed in Appendix IV. The thickness of the shielding and the materials used *must* be indicated on the plans. The plans *must* also show the positions of

all windows, doors, pipes and louvres that may affect the protection requirements. Adjacent rooms as well as rooms above and below *must* also be noted.

10. Mobile X-ray equipment used routinely in one location is considered to be a fixed installation, and the facility *should* be shielded accordingly.

5. Radiation Protection Surveys

A radiation protection survey of a facility is intended to demonstrate not only that the X-ray equipment itself functions properly and according to applicable standards, but also that the equipment is installed and used in a way that maximum radiation safety for operators and others. Therefore it is important that X-ray facilities be inspected at regular intervals.

5.1 General Procedures

Before routine operation of any new facility, the owner of the facility *must* contact the appropriate agency to enquire about the inspection procedures in that jurisdiction. Some jurisdictions may require the facility to be declared in compliance with applicable government regulations prior to operation. In an existing facility, a survey *must* be carried out after any change that may increase radiation output of the equipment or affect protection of the operator or others, e.g. alterations of protective barriers, replacement of the X-ray machine with one capable of operating at a higher X-ray tube voltage, changes in operating procedures or increased workload.

The results of such surveys and conclusions drawn by a qualified expert *must* be submitted *to the owner* or responsible user in a written report. All such written reports *must* be retained by the owner or responsible user.

5.2 Survey Report

The survey report *must* present any unusual findings about the equipment itself, the installation or operating procedures that could affect the safety of operators or other persons in the vicinity of the X-ray facility. The survey report *should* also include the results of investigations of any unusually high exposures from previous personal dosimetry reports and recommend whether other persons should use personal dosimeters.

The survey report *must* include at least the following:

1. identification of the X-ray equipment (e.g., name of the manufacturer, model designation and serial number of the generator, control, X-ray tube assembly) and the date, or at least approximate date, of manufacture;
2. observations of the condition (both electrical and mechanical) of the X-ray equipment at the time of the survey;
3. an assessment of the condition of protective aprons, gloves, mobile protective barriers and other protective devices;
4. an estimate of potential exposures to personnel and general public in or around the facility;
5. an assessment of radiological and film processing techniques from the viewpoint of radiation safety. Attention *must* be drawn to any practices that are or could be detrimental to personnel working in the facility. Recommendations of safer techniques *should* be made in such cases; and
6. recommendations regarding the need for a follow-up survey.

6. Equipment Specifications

6.1 X-Ray Equipment

All veterinary X-ray equipment and accessories for such equipment sold in Canada *must* conform to the *Radiation Emitting Devices Act* and the *Food and Drugs Act*. There are no specific standards promulgated for veterinary X-ray equipment under the *Radiation Emitting Devices Act*, but this equipment *must* comply with the general provisions of the Act. The requirements of the *Food and Drugs Act* are specified in the Medical Devices Regulations promulgated under this Act. It is the responsibility of the manufacturer or distributor to ensure that the equipment conforms to the requirements stated in these Acts.

Modifications to these requirements may be made from time to time to keep abreast of changing technology in the field of radiation protection and veterinary medicine. Information on the applicability and currency of the *Radiation Emitting Devices Act* and the Medical Devices Regulations may the obtained by contacting the Bureau of Radiation and Medical Devices, Department of National Health and Welfare, Ottawa, Ontario K1A 1C1.

Whenever possible and to the extent that is practical, existing X-ray equipment *should* be upgraded to incorporate as many as possible of the safety and performance features described below. New X-ray equipment *should* also incorporate as many as possible of the safety and performance features described.

To ensure maximum protection for staff and visitors, all X-ray equipment *should* at least meet certain basic requirements.

1. ***Warning Signs***: the X-ray control panel *must* bear a permanent and conspicuous sign prohibiting unauthorized use and warning that hazardous X-radiation is emitted when the equipment is in operation.
2. ***Markings***: all controls, meters, lights and other indicators relevant to the operation of the equipment *must* be readily discernible and clearly labelled as to function.
3. ***Irradiation Light***: there *must* be a readily discernible separate indicator on the control panel that indicates when X-rays are being produced.

4. ***Mechanical Stability***: the X-ray tube *must* be securely fixed and correctly aligned within the X-ray tube housing. The X-ray source assembly *must* maintain its required position without excessive drift or vibration during operation.
5. ***Irradiation Control***: there *must* be an irradiation switch, timer, or other device to initiate and terminate X-ray production. This control *must* automatically terminate the irradiation after a preset time, product of tube current and time, or irradiation value has been reached. Where an irradiation switch is provided, it *must* require continuous pressure by the operator to produce X-rays. A foot switch is to be constructed so that no X-ray can be produced if it is inadvertently overturned. The irradiation timer *must* be an electronic type: mechanical timers *must not* be used.
6. ***Indication of Loading Factors***: for X-ray equipment having adjustable loading factors, the control panel *must* incorporate indicators that allow these loading factors to be determined. For equipment having non-adjustable loading factors, permanent marks or labels may be used to indicate these parameters.
7. ***Timer Accuracy***: the irradiation timer *should* be such that at each setting it is accurate to 1/60 second or 7% of that setting, whichever is greater.
8. ***X-Ray Tube Voltage Accuracy:*** the generator *should* be such that at each voltage setting it is accurate to 5% of that setting.
9. ***Irradiation Reproducibility:*** for any selected combination of X-ray tube voltage, current and time greater than 1/10 second, the coefficient of variation of any 10 consecutive irradiations taken at the same distance within a period of 1 hour should not exceed 0.1. The coefficient of variation is defined as the ratio of the standard deviation to the mean value of a series of irradiation measurements calculated using the following equation:

$$C = \frac{1}{\langle X \rangle} = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \langle X \rangle)^2}{n-1} \right\}^{1/2}$$

where C = coefficient of variation
Xi = ith irradiation measurement
<X> = mean value of the measurements
n = number of measurements

10. ***X-Ray Tube Shielding:*** the X-ray tube *must* be enclosed in a shielded housing. The leakage radiation from the X-ray tube housing *must not* exceed 0.873 mGy (100 mR) in 1 hour at 1 metre at the nominal X-ray tube voltage on the equipment.
11. ***Beam Limiting Device:*** the X-ray tube housing *must* be equipped with a beam limiting device that enables adjustment of the size of the X-ray field. The beam limiting device *should* incorporate means to indicate the size of the X-ray field at the image reception area.
12. ***Half-Value Layer:*** for a given kilovoltage, the measured value of half-value layer of the useful beam *must* follow the limits below:
    - For equipment designed to operate with X-ray tube potentials below 70 kilovolts, the half-value layer *must not* be less than 1.5 millimetre of aluminium (mmAl).
    - For equipment designed to operate with X-ray tube potentials at and above 70 kilovolts peak the half-value layer *must not* be less than:
      2.1 mmAl at 70 kVp,
      2.3 mmAl at 80 kVp,
      2.5 mmAl at 90 kVp,
      2.7 mmAl at 100 kVp,
      3.0 mmAl at 110 kVp,
      3.2 mmAl at 120 kVp,
      3.5 mmAl at 130 kVp,
      3.8 mmAl at 140 kVp, and
      4.1 mmAl at 150 kVp.

6.2 Protective Clothing

Protective aprons, gloves and thyroid shields used for veterinary X-ray examinations *must* provide attenuation equivalent to at least 0.5 mm of lead at X-ray tube voltages of up to 150 kVp. The lead equivalent thickness of the material used *must* be permanently and legibly marked on the protective device. Protection *must* be provided throughout the glove, including fingers and wrist.

Protective aprons, gloves and thyroid shields *must* be stored and maintained according to manufacturers' recommendations. It is also recommended that protective aprons, gloves and thyroid shields are checked by radiographing them annually or when damage is suspected.

6.3 Darkroom and Film Processing

The irradiation necessary to produce a radiogram of satisfactory diagnostic quality depends not only on the loading technique and the film-screen combination employed but also on the handling and processing of the film. Improper processing of radiographic film can cause films of poor diagnostic quality that may require an increase in loading factors or repeat irradiations. This would lead to an increase in the exposure level of scatter and leakage radiations to the staff. Adherence to the following guidelines on darkroom design, film processing and film storage will improve the diagnostic quality of films and ultimately reduce radiation levels in the facility.

1. The darkroom *must* be impervious to light.
2. A warning light or sign *should* be located outside the darkroom to indicate when the room is in use.
3. Safelights, fitted with light bulbs of correct intensity, and filters appropriate to the specifications of the film used *must* be provided above the work area within the darkroom.
4. Manufacturers' recommendations about the strengths and temperatures of the solutions and immersion times *must* be followed to ensure optimum film processing.
5. Manufacturers' recommendations about the operation and servicing of automatic film processors *must* be followed to ensure optimum film processing.
6. Developing solutions *should* be replenished and changed according to the manufacturers' recommendations.
7. Unexposed radiographic films *must* be stored in such a manner that they are shielded from stray radiation. Storage *should* be provided such that no film can be exposed to more than 1.75 μGy (0.2 mR) of stray radiation before use. The amount of shielding required will depend on the storage time and the workload of the facility. It can be determined from the table in Appendix III.
8. Films *should* be stored on end in a cool, dry area.

7. Procedures to Reduce Dose to X-Ray Personnel

The guidelines and procedures outlined in this section are primarily directed toward occupational health protection. Adherence to these guidelines will also provide protection to visitors and other individuals in the vicinity of an X-ray facility. However, the safe work practices and procedures for using various types of X-ray equipment should be regarded as a minimum to be augmented with additional requirements, when warranted, to cover special circumstances in particular facilities.

To achieve optimum safety, operators *must* make every reasonable effort to keep exposures to themselves and to other personnel as low as reasonably achievable, with the limits specified in Appendix I being regarded as maximum values not to be exceeded.

7.1 General Recommendations

1. An X-ray room *must* be used for only one X-ray procedure at a time.
2. All entrance doors to an X-ray room *should* be kept closed while a radiographic procedure is being performed.
3. X-ray machines that are energized and ready to produce radiation *must* be supervised.
4. The X-ray room *must* contain only those persons whose presence is essential when a radiological procedure is carried out.
5. All personnel *must* fully use all protective devices available.
6. The X-ray tube housing *must never* be held by hand or supported by any part of the body during operation.
7. Where a control booth or protective barrier is available, operators *must* remain inside or behind when making an irradiation. If a control booth or protective screen is not available, protective clothing *must* be worn.
8. Personnel *must* keep as far away from the X-ray beam as is practicable at all times. Exposure of personnel to the X-ray beam *must never* be allowed unless the beam is adequately attenuated by the animal and by protective clothing or barriers.

9. If necessary, the animal *should* be sedated or holding devices used during radiography. However, if this is not possible and a person *must* restrain the animal, protective aprons and gloves *must* be worn, and irradiation by the X-ray beam *must* be avoided. Individuals *should* avoid performing these duties regularly.
10. A radiographic cassette holder *must always* be used. The radiographic cassette *must never* be held by hand.
11. All operators of X-ray equipment, together with personnel who routinely participate in radiological procedures and others likely to receive a radiation dose in excess of 1/20 of the permissible dose equivalent limits specified in Appendix I, *must* wear personal dosimeters.
12. When a protective apron is worn the personal dosimeter *must* be worn underneath. Where irradiation to the body may be substantial, a second personal dosimeter located at the neck level may be worn. In such cases consultation with the proper federal or provincial agency may be helpful. If extremities are likely to be exposed to higher doses, additional monitors *should* be worn on the extremities.
13. Where radiation doses in excess of 20% of the maximum specified in Appendix I are being received regularly by any one person, the nature and cause of the irradiation *must* be investigated and appropriate remedial steps *must* be taken to improve techniques and protective measures.
14. X-ray equipment *must* be operated only by or under the direct supervision of qualified individuals.
15. For table-top radiography when the sides of the table are not shielded, a sheet of lead at least 1 mm in thickness and slightly larger than the maximum beam size *should* be placed immediately beneath the cassette or film.
16. The fastest combination of films and intensifying screens consistent with diagnostically acceptable results and within the capability of the equipment *should* be used.

Appendix I
Permissible Dose Equivalent Limits of X-Radiation to Operators and Other Occupationally Exposed Personnel

For the purpose of radiation protection, individuals may be classified in one of two categories: those exposed to radiation during the course of their work (radiation workers), and others. Maximum permissible levels are given for both categories in the following table. These dose equivalent limits are based on the latest recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP) as specified in *ICRP Publication 60*.

Permissible dose equivalent limits for radiation workers apply *only* to irradiation resulting directly from their occupations and do not include irradiation from other sources such as medical diagnoses and background radiation.

	Annual permissible dose equivalent limits	
Applicable body organ or tissue	Radiation workers	Other workers and members of the public
Whole body	20 mSv	1 mSv
Lens of the eye	150 mSv	15 mSv
Skin	500 mSv	50 mSv
Hands	500 mSv	50 mSv
All other organs	500 mSv	50 mSv

Notes:

1. Any exposure may involve some degree of risk. Although the levels recommended in this Appendix are maximum permitted values, all doses *should* be kept as low as reasonably achievable. Any unnecessary exposures *must* be avoided.
2. ICRP does not recommend discrimination in the dose limits between men and women of reproductive capacity, if the dose is received at an approximately regular rate.

3. Once an occupationally exposed woman has been declared pregnant, the fetus *should* be protected from external exposure by applying a dose equivalent *limit* of 2 mSv to the surface of the woman's abdomen for the remainder of the pregnancy, with no more than 1 mSv in the period from 8 to 15 weeks after conception.
4. For operators-in-training and students, dose equivalent limits for members of the general public *should* apply.
5. ICRP does not recommend different limits for individual organs. For occupationally exposed workers ICRP believes that deterministic effects will be prevented by applying a dose equivalent limit of 500 mSv in a year to all tissues except the lens of the eye, for which it recommends a limit of 150 mSv in a year.
6. For the skin the dose equivalent is averaged over its whole area. In situations where *deterministic effects* are possible, the recommended dose equivalent limit for the skin is 500 mSv and is averaged over areas of no more than about 1 cm^2. This limit applies to the skin of the face and the hands.
7. In special circumstances ICRP limits allow a higher value of effective dose that is allowed in a one-year period, as long as the average dose over a five-year period is not greater than the annual limit. This higher value is 50 mSv for occupationally exposed personnel. However, in veterinary medicine there is no circumstance in which this provision should apply.
8. Some provincial jurisdictions may have permissible dose equivalent limits for some workers that differ from those listed in Appendix I. Consultation with the proper agency may be required to determine the permissible dose equivalent limits in effect in a particular jurisdiction.

Appendix II
Shielding Guides for Veterinary X-Ray Facilities

To determine the shielding necessary for a veterinary X-ray facility, certain preliminary information is essential. In many instances the thickness of lead or concrete required to reduce radiation levels to the maximum permissible level can be determined directly from Tables 1 and 2 of this Appendix. In other cases, contact the appropriate agency to enquire about shielding requirements and calculations. In both instances answers to the following questions are required.

1. What is the distance between the nearest point of the area to be shielded and the usual operational position of the X-ray tube?
2. Is the area to be designated as a controlled or uncontrolled area? (The area occupied by radiation workers is subject to the limit of 20 mSv per year, whereas areas occupied by non-radiation workers are subject to the limit of 1 mSv per year.)
3. Will the intervening shield between the X-ray tube and the occupied area act as a primary or as a secondary protective barrier, i.e. will the barrier be required to attenuate the direct X-ray beam or stray radiation only?
4. What will be the anticipated maximum workload of the X-ray unit? (The workload indicates the operational time of an X-ray machine expressed in terms of milliampere-seconds per week.)
5. What will be the nominal and average X-ray tube voltages?

Table 1.
Primary Protective Barrier Requirements
for 17.5 μGy (2 mR) per Week (Ucontrolled Area)

The tabulated values give the minimum amount of lead or concrete shielding required to reduce the exposure in uncontrolled areas to 17.5 μGy (2 mR) in one week. These thicknesses of shielding are for a single source of radiation. If more than one source irradiates the location of interest, the contribution from each source must be taken into account in determining the amount of shielding required. Planned and existing structural materials should be fully considered when calculating a barrier requirement.

The thicknesses of lead and concrete required have been rounded off to the next highest 0.05 mm and 0.5 cm respectively.

Note: lead sheet is commercially available only in discrete thicknesses given in Table 3.

A. Lead

X-ray tube voltage kVp	Effective workload mA-sec/week	mm of lead required at a source distance of					
		1m	2m	3m	4m	5m	8m
70	500	0.75	0.50	0.40	0.30	0.25	0.20
	250	0.65	0.40	0.30	0.25	0.20	0.15
	100	0.50	0.30	0.20	0.15	0.15	0.10
	50	0.40	0.20	0.15	0.10	0.10	0.05
	25	0.30	0.15	0.10	0.10	0.10	-
	10	0.20	0.10	0.10	0.05	-	
	5	0.15	0.10	0.05	-		
100	500	1.90	1.35	1.05	0.85	0.75	0.45
	250	1.60	1.10	0.85	0.65	0.55	0.30
	100	1.30	0.80	0.55	0.40	0.30	0.20
	50	1.05	0.60	0.40	0.30	0.20	0.10
	25	0.80	0.40	0.25	0.20	0.15	0.05
	10	0.55	0.25	0.15	0.10	0.05	-
	5	0.35	0.15	0.10	0.05	-	
125	500	2.30	1.70	1.40	1.20	1.05	0.70
	250	2.00	1.45	1.15	0.95	0.80	0.50
	100	1.60	1.10	0.85	0.65	0.50	0.30
	50	1.35	0.85	0.60	0.45	0.35	0.20
	25	1.10	0.65	0.40	0.30	0.20	0.10
	10	0.80	0.40	0.20	0.15	0.10	-
	5	0.60	0.25	0.15	0.10	0.05	-

Table 1 (cont'd)

X-ray tube voltage kVp	Effective workload mA-sec/week	mm of lead required at a source distance of					
		1m	2m	3m	4m	5m	8m
150	500	2.60	2.00	1.70	1.45	1.30	0.95
	250	2.30	1.75	1.40	1.20	1.05	0.75
	100	1.90	1.35	1.10	0.90	0.75	0.45
	50	1.65	1.10	0.85	0.65	0.55	0.30
	25	1.35	0.90	0.60	0.45	0.35	0.15
	10	1.05	0.60	0.35	0.25	0.15	0.05
	5	0.80	0.40	0.20	0.15	0.10	-

B. Concrete

		cm of concrete required at a source distance of					
70	500	8.5	6.5	5.0	4.5	3.5	2.5
	250	7.5	5.5	4.0	3.5	3.0	1.5
	100	6.0	4.0	3.0	2.0	1.5	1.0
	50	5.0	3.0	2.0	1.5	1.0	0.5
	25	4.0	2.0	1.5	1.0	0.5	-
	10	3.0	1.0	0.5	0.5	-	
	5	2.0	1.0	0.5	-		
100	500	15.0	11.5	10.0	9.0	7.5	5.5
	250	13.0	10.0	8.0	7.0	6.0	4.0
	100	11.0	8.0	6.0	5.0	4.0	2.0
	50	9.5	6.5	4.5	3.5	2.5	1.0
	25	8.0	5.0	3.5	2.0	1.5	1.0
	10	6.0	3.0	1.5	1.0	0.5	-
	5	4.5	2.0	1.0	0.5	-	
125	500	19.0	15.0	12.5	11.0	10.0	7.5
	250	17.0	13.0	11.0	9.0	8.0	5.5
	100	14.5	10.5	8.5	7.0	5.5	3.5
	50	12.5	8.5	6.5	5.0	4.0	2.0
	25	10.5	7.0	5.0	3.5	2.5	1.0
	10	8.0	4.5	3.0	1.5	1.0	-
	5	6.5	3.0	1.5	0.5	0.5	-
150	500	23.0	18.5	16.0	14.0	12.5	9.5
	250	20.5	16.0	13.5	12.0	10.5	7.5
	100	18.0	13.0	11.0	9.0	7.5	4.5
	50	15.5	11.0	8.5	7.0	5.5	2.5
	25	13.0	9.0	6.5	4.5	3.0	1.5
	10	10.5	6.5	3.5	2.5	1.5	0.5
	5	8.5	4.0	2.0	1.0	0.5	-

Table 2.
Secondary Protection Barrier Requirements
for 17.5 μGy (2 mR) per Week (Uncontrolled Area)

In using this table refer to the explanatory comments in Table 1.

A. Lead

X-ray tube voltage kVp	Effective workload mA-sec/week	mm of lead required at a source distance of					
		1m	2m	3m	4m	5m	8m
70	500	0.15	-				
	250	0.05	-				
	100	-					
	50						
	25						
	10						
	5						
100	500	0.30	0.10	-			
	250	0.15	-				
	100	0.05	-				
	50	-					
	25						
	10						
	5						
125	500	0.45	0.10	0.05	-		
	250	0.25	0.05	-			
	100	0.10	-				
	50	0.05	-				
	25	-					
	10						
	5						
150	500	0.60	0.20	0.10	-		
	250	0.35	0.10	-			
	100	0.15	-				
	50	0.05	-				
	25	-					
	10						
	5						

Table 2. (Cont'd.)

B. Concrete

X-ray tube voltage kVp	Effective workload mA-sec/week	cm of concrete required at a source distance of					
		1m	2m	3m	4m	5m	8m
70	500	1.0	-				
	250	0.5	-				
	100	-					
	50						
	25						
	10						
	5						
100	500	3.0	0.5	-			
	250	1.5	-				
	100	0.5	-				
	50	-					
	25						
	10						
	5						
125	500	4.5	1.5	0.5	-		
	250	2.5	0.5	-			
	100	1.0	-				
	50	0.5	-				
	25	-					
	10						
	5						
150	500	6.0	1.5	1.0	-		
	250	3.5	1.0	-			
	100	1.5	-				
	50	0.5	-				
	25	-					
	10						
	5						

Table 3.
Commercial Lead Sheets

Thickness		Nominal weight	Nominal weight
Inches	Millimetres	lb/ft^2	kg/m^2
1/64	0.4	1	4.9
3/128	0.6	1 ½	7.3
1/32	0.8	2	9.8
5/128	1.0	2 ½	12.2
3/64	1.2	3	14.6
7/128	1.4	3 ½	17.1
1/16	1.6	4	19.5
5/64	2.0	5	24.4
3/32	2.4	6	29.3

Notes:

1. The density of commercially rolled lead is 11.36 $g.cm^{-3}$.
2. The commercial tolerances are ± 0.13 mm for lead up to 1.4 mm and ± 0.8 mm for heavier sheets.
3. Material and installation costs for lead sheet less than 0.8 mm thick are frequently higher than for heavier sheet.
4. Acoustical type lead is not suitable for lead shielding.

Use of Common Construction Materials For X-Ray Shielding

Commonly used construction materials provide a certain degree of protection against X-radiation. This degree will depend on the type and thickness of the material in question and on the X-ray tube voltage at which the equipment is operated. In some cases a judicious use of common building materials or a careful selection of location and orientation of the X-ray unit may eliminate the need for additional shielding without compromising the X-ray safety of the installation.

X-ray shielding properties of some common construction materials and their combinations are given below. Note that thicknesses of different materials that provide equivalent attenuation under one set of conditions may behave quite differently under other conditions. The materials described in Table 4 are not well suited for use as primary shielding. They should be regarded as materials for use in secondary shielding.

Table 4.
Approximate Concrete Equivalence of Common Construction Materials

Material	Thickness of concrete (cm)					
	50 kVp	70 kVp	85 kVp	100 kVp	125 kVp	150 kVp
1	10	10	10	10	10	10
2	7	7	7	7	7	7
3	2.3	2.3	2.3	2.3	(*)	(*)
4	0.5	0.5	0.5	0.5	(*)	(*)
5	0.8	0.8	0.8	0.8	(*)	(*)
6	1.0	1.0	1.0	1.0	(*)	(*)
7	1.4	1.4	1.4	1.4	(*)	(*)
8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
9	2.4	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

Material

1: Hollow cinder block + 2 layers of 2.2 cm mortar + 2 layers of 0.8 cm tile
2: Gypsum pyrobar + 2 layers of 2.2 cm mortar
3: 5 cm of gypsum plaster
4: 1.0 cm of gypsum wallboard
5: 1.9 cm of gypsum wallboard
6: 2.54 cm of gypsum wallboard
7: 3.2 cm of gypsum wallboard
8: 1.0 cm of plate glass
9: 2.0 cm of plate glass

(*) Gypsum materials alone are not recommended for shielding above 100 kVp.

Appendix III
Shielding Guides for Storage of Radiographic Film

To reduce the radiation level to the film to 1.75 μGy (0.2 mR) for weekly workloads of:

500 mA-sec at 100 kVp
200 mA-sec at 125 kVp
100 mA-sec at 150 kVp

	Distance from X-ray tube to stored film							
	2.0 m		3.0 m		4.0 m		5.0 m	
	lead mm	concrete cm	lead mm	concrete cm	lead mm	concrete cm	lead mm	concrete cm
Storage time for primary barriers								
1 day	1.6	15.2	1.3	12.6	1.1	10.9	1.0	9.6
1 week	2.3	20.4	1.9	17.9	1.7	15.9	1.5	14.5
1 month	2.8	24.8	2.5	22.3	2.3	20.4	2.1	19.0
1 year	3.9	33.0	3.6	30.5	3.3	28.6	3.1	27.0
For secondary barriers								
1 day	0.2	1.5	0.1	1.0	-	-	-	-
1 week	0.6	5.4	0.3	2.5	0.2	1.5	0.1	1.0
1 month	1.0	9.6	0.7	7.1	0.5	5.4	0.4	3.7
1 year	2.1	17.5	1.7	14.8	1.5	13.0	1.3	11.6

Appendix IV
Agencies Responsible for Radiation Safety of Veterinary X-Ray Facilities

Alberta
Radiation Health Section
Occupational Health Branch
Division of Policy and Professional Services
Government of Alberta
10709 Jasper Avenue
Edmonton, Alberta
T5J 3N3

British Columbia
Worker's Compensation Board of British Columbia
P.O. Box 5350 Stn Terminal
Vancouver, British Columbia
V6B 5L5

Manitoba
Radiation Protection Section
Manitoba Cancer Treatment and Research Foundation
100 Olivia Street
Winnipeg, Manitoba
R3E 0V9

New Brunswick
Radiation Protection Services
Department of Health and Community Services
Government of New Brunswick
P.O. Box 5100
348 King Street
Fredericton, New Brunswick
E3B 5G8

Newfou
Medical and Hygiene Services
Employment and Labour Relations
Government of Newfoundland
Beothuck Building
P.O. Box 8700
St. John's, Newfoundland
A1C 4J6

Northwest erritories
Occupational Health and Safety Division
Safety and Public Services
Government of the Northwest Territories
Box 1320
Yellowknife, Northwest Territories
X1A 2L9

Nova Scotia
Department of Health and Fitness
Government of Nova Scotia
7th Floor, Joseph Howe Building
P.O. Box 488
Halifax, Nova Scotia
B3J 2R8

Ontario
Radiation Protection Service
Ontario Ministry of Labour
81 Resources Road
Weston, Ontario
M9P 3T1

Prince Edward Island
Division of Community Hygiene
Department of Health and Social Services
Government of Prince Edward Island
P.O. Box 2000
Charlottetown, Prince Edward Island
C1A 7N8

Quebec
Division de la radioprotection
Ministère de l'environnement
Gouvernement du Québec
5199 est, rue Sherbrooke
Montréal (Québec)
H1T 3X9

Saskatchewan
Radiation Safety Unit
Department of Human Resources,
Labour and Employment
Government of Saskatchewan
1870 Albert Place
Regina, Saskatchewan
S4P 3V7

Yukon Territory
Occupational Health and Safety
Government of the Yukon Territory
P.O. Box 2703
Whitehorse, Yukon Territory
Y1A 2C6

Appendix V
Radiation Measurement Units - International (SI) System

Exposure

The unit of COULOMB/KILOGRAM (C/kg) has not found acceptance as the replacement of the ROENTGEN (R) as a unit of irradiation. Following the lead of the International Electrotechnical Commission, the AIR KERMA (in GRAYS) replaces the EXPOSURE (in ROENTGENS) as the measure of irradiation. The relationship between the two units is as follows:

1 Gy	~	114.55 R	1 R	~	8.73 mGy
1 mGy	~	114.55 mR	1 mR	~	8.73 μGy

Absorbed Dose

The GRAY (Gy) replaces the RAD (rad) as the unit of absorbed dose. The relationship between the two units is as follows:

1 Gy	=	100 rad	1 rad	=	10 mGy
1 mGy	=	100 mrad	1 mrad	=	10 μGy

Dose Equivalent

The SIEVERT (Sv) replaces the REM (rem) as the unit of DOSE EQUIVALENT. The relationship between the two units is as follows:

1 Sv	=	100 rem	1 rem	=	10 mSv
1 mSv	=	100 mrem	1 mrem	=	10 μSv

Note: m = milli = 10^{-3}; μ = micro = 10^{-6}

Bibliography

Further details on the topics covered in this safety code may be obtained from the references listed below.

1. "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection." *ICRP Publication 60, Annals of the ICRP*, 21, 1-3 (1991).

2. "Structural Shielding Design and Evaluation For Medical Use of X-Rays and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV." *National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP Report No. 49* (1976).

3. "The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation." *National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D.C.* (1972).

4. "Radiation Quantities and Units." *International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU Publication 33* (1980).

Santé et Bien-être social Canada
Health and Welfare Canada

Radioprotection en médecine vétérinaire

Mesures de sécurité recommandées relativement à l'installation et à l'utilisation d'appareils à rayons X en médecine vétérinaire

Code de sécurité 28

Canada

Radioprotection en médecine vétérinaire

Mesures de sécurité recommandées relativement àl'installation et àl'utilisation d'appareils à rayons X en médecine vétérinaire

Code de sécurité 28

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé

Publication autorisée par le ministre de la
Santé nationale et du Bien-être social

Also available in English under the title
Radiation Protection in Veterinary Medicine

DHM-RT-151

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada, 1991

En vente au Canada par l'entremise des librairies associées et autres libraires

ou par la poste auprès du

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa (Canada) K1A 0S9

Cat. H46-2/91-151F
ISBN 0-660-93039-0

Table des matières

		Page
Notes explicatives		5
1.	**Introduction**	7
2.	**Principaux objectifs et portée du code**	8
2.1	Principaux objectifs	8
2.2	Portée	8
3.	**Responsabilité et personnel**	9
3.1	Responsabilité	9
3.2	Utilisateur désigné	9
3.3	Opérateurs d'appareils à rayons X	10
3.4	Étudiants ou opérateurs stagiaires	11
4.	**Bâtiments et installations**	12
4.1	Critères de conception	12
4.2	Recommandations générales	13
5.	**Inspection en radioprotection**	15
5.1	Mesures générales	15
5.2	Rapport d'inspection	15
6.	**Spécifications des appareils**	17
6.1	Appareils à rayons X	17
6.2	Vêtements de protection	20
6.3	Chambre noire et traitement du film	20
7.	**Mesures pour réduire l'exposition du personnel à l'irradiation**	22
7.1	Recommandations générales	22

Page

Annexes

I Limites de dose équivalente admissibles pour les opérateurs et le personnel exposés au rayonnement X au travail 25

II Normes d'évaluation du blindage pour les installations de radiographie vétérinaire 27

III Normes d'évaluation du blindage pour l'entreposage des films radiographiques 35

IV Agences responsables de la radioprotection des installations vétérinaires 36

V Unités de mesure des radiations – Système international (SI) 39

Bibliographie 40

Notes explicatives

Le présent document fait partie d'une série de codes de sécurité préparés par le Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux afin d'établir les exigences relatives à l'utilisation sécuritaire des dispositifs émettant des radiations. Le présent code comporte des sections destinées à servir de guide au vétérinaire, à l'opérateur et au responsable de la radioprotection qui s'occupent des mesures de sécurité, de la qualité des appareils et des inspections en radioprotection.

Les mesures de sécurité, les directives concernant les appareils et les installations décrites en détail dans ce code sont destinées principalement à servir de guide aux employés des ministères et des organismes de la Fonction publique du Canada ainsi qu'aux employés qui relèvent du Code canadien du travail. Les installations qui relèvent d'un gouvernement provincial peuvent être assujetties à des exigences figurant dans des dispositions législatives provinciales. Pour obtenir des détails relativement aux règlements de chacune des provinces, veuillez communiquer avec les organismes figurant à l'Annexe IV.

Dans ce code, les termes «*doit*» ou «*doivent*» et «*devrait*» ou «*devraient*» ont été choisis à dessein. Les termes «*doit*» ou «doivent» indiquent qu'il s'agit d'une recommandation essentielle afin de satisfaire aux normes de protection actuellement acceptées, tandis que les termes «*devrait*» ou «*devraient*» indiquent que la recommandation conseillée est fort souhaitable et qu'elle devrait être appliquée lorsqu'il y a lieu.

Dans un domaine où la technologie progresse rapidement et où des situations inattendues et particulières surgissent continuellement, le code ne peut prévoir toutes les situations possibles. Une adhésion aveugle aux règles ne peut pas remplacer un bon jugement. Les recommandations peuvent être modifiées dans des cas exceptionnels, mais seulement sur les conseils d'experts dont les compétences en matière de radioprotection sont reconnues. Le code sera revu et révisé périodiquement. Une exigence particulière peut être examinée à nouveau, à tout moment, si cela s'avère nécessaire à la suite d'une situation imprévue. L'interprétation ou l'étude détaillée d'un point

quelconque peut être obtenue en s'adressant au Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux, ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Ottawa (Ontario), K1A 1C1.

Ce code est le fruit du travail de plusieurs personnes. Il a été préparé et compilé par M. C. Lavoie, et a été revu par le personnel spécialisé de la Section des rayons X du Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux avant d'être publié.

Nous désirons remercier tous les organismes et toutes les personnes dont les commentaires et les observations nous ont aidés à préparer ce code.

1. Introduction

La médecine vétérinaire moderne ne saurait se passer de la radiologie diagnostique. La radioprotection est nécessaire parce qu'une exposition professionnelle à des rayonnements ionisants peut entraîner des effets nocifs qui peuvent se manifester non seulement chez la personne exposée mais également chez ses descendants. Ces effets sont appelés effets somatiques et effets génétiques. Les effets somatiques sont caractérisés par des modifications observables des organes de la personne exposée. Ces modifications peuvent apparaître quelques heures après l'exposition jusqu'à plusieurs années plus tard, selon la dose de rayonnements reçue et la durée de l'exposition. En médecine vétérinaire, il est peu probable que quelqu'un puisse être exposé à une dose suffisante de rayonnements pour engendrer un effet somatique. Aux faibles doses utilisées en radiologie vétérinaire, les effets génétiques constituent davantage une source d'inquiétude. Bien que les doses de rayonnement puissent être faibles et sembler ne causer aucun dommage observable, la probabilité de lésions chromosomiques des cellules germinales entraînant des mutations existe. Ces mutations peuvent engendrer des défauts génétiques chez les générations futures et ces doses deviennent donc importantes lorsqu'elles sont administrées à un grand nombre d'individus.

Le problème se présente sous deux aspects. Premièrement, le personnel affecté aux services de radiologie *doit* être protégé contre toute dose excessive de rayonnement au cours de son travail. Deuxièmement, le personnel travaillant à proximité des installations de radiologie vétérinaire et le public en général doivent être suffisamment protégés.

2. Principaux objectifs et portée du code

Le présent code porte sur la protection de toutes les personnes susceptibles d'être exposées à des rayonnements émis par des appareils à rayons X utilisés en radiologie vétérinaire.

2.1 Principaux objectifs

Les principaux objectifs du code sont les suivants :

1. fournir des renseignements en matière de radioprotection en vue de protéger le personnel travaillant avec des appareils à rayons X ou chargé de leur entretien; et
2. fournir des renseignements en matière de radioprotection en vue de protéger les autres travailleurs et le public en général qui occupent les secteurs avoisinants pendant le fonctionnement des appareils à rayons X.

2.2 Portée

Dans le but d'aider le personnel à atteindre ces objectifs, le présent code de sécurité :

1. établit les responsabilités relatives du propriétaire, de l'utilisateur désigné, de l'opérateur et d'autres employés;
2. fournit des renseignements pour la conception des blindages et la détermination de leur efficacité et de leur pertinence pour atténuer les rayonnements primaires et diffusés, et
3. formule des recommandations afin de minimiser l'irradiation des opérateurs et s'assurer que les appareils à rayons X en médecine vétérinaire sont utilisés d'une façon qui ne présente pas de danger.

3. Responsabilité et personnel

3.1 Responsabilité

Le propriétaire d'une installation radiologique en médecine vétérinaire est fondamentalement responsable de la radioprotection en ce lieu. Il lui incombe de veiller à ce que les appareils à rayons X mis à la disposition de l'utilisateur désigné et des opérateurs ainsi que l'endroit où ces appareils sont utilisés soient conformes à toutes les normes de sécurité applicables en radiologie.

La responsabilité du propriétaire peut être déléguée au personnel, en fonction du nombre d'employés et du nombre d'appareils à rayons X. En tout état de cause, on *doit* désigner une ou plusieurs personnes pour assumer les fonctions décrites ci-après.

3.2 Utilisateur désigné

Il *doit* y avoir au moins une personne nommée comme utilisateur désigné (vétérinaire, technicien vétérinaire, technicien certifié en radiologie) afin d'assumer les responsabilités suivantes :

1. veiller à ce que les appareils soient bien entretenus et qu'ils fonctionnent correctement et que l'entretien soit effectué par du personnel compétent;
2. veiller à ce que les appareils soient utilisés correctement et seulement par du personnel compétent;
3. établir des normes d'opération sécuritaires et que les opérateurs en soient bien informés;
4. recommander des règles de sécurité relatives à l'utilisation des appareils à rayons X et s'assurer que le personnel les connaisse;
5. s'assurer que les niveaux de rayonnement à l'extérieur des secteurs contrôlés soient inférieurs à la limite de dose équivalente admissible figurant à l'Annexe I;
6. s'assurer que les installations soient conformes à tous les règlements applicables;
7. établir des conditions de travail sécuritaires conformément aux recommandations du présent code de sécurité et, lorsqu'il y a lieu, aux dispositions législatives fédérales ou provinciales;

8. vérifier régulièrement les appareils et les dispositifs de sécurité;
9. tenir des dossiers sur les inspections en radioprotection, notamment des résumés des mesures correctrices recommandées ou apportées;
10. déclarer lesquels parmi les membres du personnel sont exposés à la radiation dans le cadre de leurs fonctions, soit qui participent couramment aux examens radiographiques ou qui sont susceptibles de recevoir une dose de rayonnement supérieure au vingtième des limites de dose équivalente admissibles mentionnées à l'Annexe I;
11. inscrire l'établissement, s'il y a lieu, à un service de dosimétrie individuelle tel que celui qui est offert par le Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Ottawa (Ontario) K1A 1C1;
12. s'assurer que toutes les personnes exposées dans le cadre de leurs fonctions professionnelles portent des dosimètres individuels pendant les examens radiographiques ou lorsqu'elles risquent d'être exposées au cours de leur travail;
13. consigner toutes les doses reçues par les membres du personnel au cours de leur travail;
14. étudier chaque cas connu ou soupçonné d'exposition professionnelle excessive ou anormale afin d'en déterminer la cause et prendre les mesures correctrices pour empêcher que ces situations se présentent de nouveau;
15. s'assurer que tous les dispositifs de sécurité recommandés dans le présent code sont en bon état;
16. s'assurer que les symboles de mise en garde sont bien placés;
17. s'assurer que les opérateurs comprennent bien le contenu du présent code.

3.3 Opérateurs d'appareils à rayons X

Tous les opérateurs *doivent* :

1. connaître le contenu de ce code de sécurité;
2. connaître les dangers associés à leur travail et se rendre compte de leur responsabilité quant à leur protection et celle des autres;
3. avoir une excellente connaissance de leur profession, des techniques spéciales et des méthodes de travail qui sont sans danger.

On devrait inciter les opératrices à aviser leur employeur si elles pensent être enceintes. On prendra alors des mesures appropriées afin que leurs fonctions, pendant le reste de la grossesse, soient compatibles avec les limites de dose équivalente admissibles indiquées à l'Annexe I.

3.4 Étudiants ou opérateurs stagiaires

Tous les étudiants, les opérateurs stagiaires et le personnel inexpérimenté dans l'utilisation des appareils à rayons X ne *doivent* travailler que sous la surveillance immédiate d'un opérateur compétent. Les limites de dose équivalente admissibles pour les étudiants et les opérateurs stagiaires *ne devraient pas* être supérieures aux limites annuelles recommandées au public en général.

4. Bâtiments et installations

4.1 Critères de conception

La planification de toute installation de radiologie vétérinaire *doit* tenir compte de la charge de travail maximale prévue des appareils, des facteurs d'utilisation d'écrans protecteurs et des facteurs d'occupation des secteurs adjacents à l'installation. On *devrait* tenir compte de modifications futures possibles de chacun de ces paramètres, comme une augmentation de la tension du tube à rayons X, une augmentation de la charge de travail ou une occupation accrue des secteurs avoisinants.

Il est particulièrement avantageux d'effectuer des inspections visuelles pendant la construction d'une nouvelle installation pour s'assurer qu'elle est conforme aux spécifications et identifier les matériaux défectueux ou le travail mal fait. Les défauts peuvent être corrigés de façon plus économique à ce stade-ci que plus tard. Ces inspections *devraient* servir à vérifier l'épaisseur et la densité de tous les écrans, notamment des plaques de plomb, des murs en béton et du verre de blindage des fenêtres d'observation.

Certains principes fondamentaux *doivent* être observés lorsque l'on détermine le blindage nécessaire d'une salle utilisée couramment pour les examens radiographiques en médecine vétérinaire, notamment :

1. Les intensités de rayonnement dans les zones surveillées, occupées seulement par des travailleurs sous radiation, *doivent* être telles qu'aucun d'eux ne soit soumis à une irradiation supérieure à 20 mSv par année.
2. Les intensités du rayonnement dans les zones non surveillées *doivent* être telles que personne ne puisse recevoir une irradiation supérieure à 1 mSv par année.

En général, les intensités du rayonnement à proximité des appareils à rayons X sont telles que les limites mentionnées ci-dessus sont dépassées même pour des charges de travail très faibles. L'intensité du rayonnement peut être réduite par le recours à des écrans ou en augmentant la distance entre les sources de rayonnement et les personnes à protéger.

Le blindage nécessaire pour ramener l'intensité du rayonnement à des limites acceptables peut être déterminé d'après la distance, la tension nominale du tube radiogène et la charge de travail. Afin de s'assurer que l'intensité du rayonnement est toujours inférieure aux limites acceptables, on *devrait* utiliser pour les calculs la charge de travail maximale prévue.

4.2 Recommandations générales

Les mesures décrites ci-dessous *doivent* être respectées afin de protéger le personnel travaillant avec des appareils à rayons X ou dans le voisinage de ces derniers.

1. Le faisceau de rayonnement doit *toujours* être dirigé vers des zones inoccupées ou suffisamment protégées.
2. Le faisceau de rayonnement et le rayonnement diffusé *devraient* être atténués aussi près que possible de la source.
3. Les planchers, les murs, les plafonds et les portes *doivent* être construits, au besoin, à l'aide de matériaux offrant une protection suffisante aux travailleurs.
4. Le blindage *devrait* être construit de façon à former un écran ininterrompu. On *devrait* s'assurer que les matériaux servant au blindage, notamment le plomb, *sont* adéquatement supportés pour empêcher le «tassement».
5. Au besoin, une cabine de contrôle *doit* être érigée pour assurer la protection de l'opérateur. Le blindage de la cabine de contrôle et de sa fenêtre d'observation *doit* être tel qu'aucun opérateur ne soit exposé à plus de 20 mSv par année. Les écrans protecteurs mobiles sont considérés inadéquats comme cabine de contrôle sauf dans le cas d'installations n'exigeant pas de blindage à 1 mètre de la source, ou lorsqu'à cette distance la dose de rayonnement ne dépasse pas un vingtième des limites de dose équivalente admissibles.
6. La cabine de contrôle *devrait* être située, lorsque cela est possible, de façon à ce que le rayonnement soit diffusé au moins deux fois avant de pénétrer dans la cabine. Dans le cas d'installations où le faisceau de rayonnement peut être dirigé vers la cabine, le blindage de celle-ci *doit* être celui d'un écran primaire.
7. La cabine de contrôle *devrait* être disposée de telle sorte que, pendant un examen radiographique, personne ne puisse entrer dans la salle de radiographie à l'insu de l'opérateur.

8. Des écriteaux de mise en garde *doivent* être placés sur toutes les portes conduisant à la salle de radiographie. Ils *doivent* porter le symbole d'avertissement contre le rayonnement X et ils *devraient* porter l'inscription «Personnel autorisé seulement».
9. Les plans définitifs de l'installation *doivent* être examinés par les organismes gouvernementaux responsables appropriés avant d'entreprendre la construction. Pour les installations relevant du gouvernement fédéral, l'organisme responsable est le Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. Pour les installations relevant d'un gouvernement provincial, les organismes responsables figurent à l'Annexe IV. L'épaisseur du blindage et les matériaux utilisés *doivent* être indiqués sur les plans. Les plans *doivent* également montrer l'emplacement de toutes les fenêtres, portes, conduites et volets d'aération qui peuvent modifier les exigences en matière de protection. On *doit* également indiquer les pièces adjacentes aussi bien que les pièces se trouvant au-dessus et au-dessous.
10. Les appareils mobiles à rayons X utilisés couramment en un endroit sont considérés comme des installations fixes et ils *devraient* être blindés en conséquence.

5. Inspection en radioprotection

Une inspection de radioprotection d'une installation a pour but de montrer non seulement que les appareils à rayons X fonctionnent bien et conformément aux normes applicables, mais aussi que les appareils sont installés et utilisés de façon à protéger au maximum les opérateurs et les autres personnes. Il est donc important d'inspecter régulièrement les installations radiographiques.

5.1 Mesures générales

Avant de mettre en service toute nouvelle installation, le propriétaire de l'installation *doit* communiquer avec l'organisme responsable afin de connaître les mesures d'inspection établies dans cette juridiction. Certaines juridictions peuvent exiger que l'installation soit déclarée conforme aux règlements gouvernementaux applicables avant qu'elle puisse entrer en service. Dans le cas d'une installation existante, une inspection *doit* être menée après tout changement qui peut augmenter le niveau de rayonnements ou modifier la protection de l'opérateur ou d'autres personnes, soit par exemple, des altérations des écrans de protection, le remplacement d'un appareil à rayons X par un autre dont le tube radiogène fonctionne à plus haute tension, des modifications des méthodes de travail ou une augmentation de la charge de travail.

Les résultats de ces inspections et les conclusions tirées par un expert reconnu *doivent* être soumis par écrit au propriétaire ou à l'utilisateur désigné. Le propriétaire ou l'utilisateur désigné *doivent* conserver une copie de tous ces rapports.

5.2 Rapport d'Inspection

Le rapport d'inspection *doit* indiquer tout résultat anormal relativement aux appareils, à l'installation ou aux méthodes de travail, qui pourrait nuire à la protection des opérateurs ou autres personnes se trouvant dans le voisinage de l'installation radiographique. Le rapport d'inspection *devrait* également comporter les résultats d'enquête sur toute exposition élevée inhabituelle provenant de

rapports antérieurs de dosimètres individuels et formuler des recommandations quant à l'utilisation du service de dosimétrie individuelle par d'autres membres du personnel.

Le rapport d'inspection *doit* comprendre au moins les renseignements suivants :

1. l'identification des appareils à rayons X (nom du fabricant, désignation du modèle et numéro de série du générateur, contrôle, gaine du tube radiogène, etc.) et la date, ou au moins la date approximative, de fabrication;
2. les observations de l'état (électrique et mécanique) des appareils à rayons X au moment de l'inspection;
3. l'évaluation de l'état des tabliers protecteurs, des gants, des écrans protecteurs mobiles et autres dispositifs de protection;
4. l'évaluation des expositions potentielles du personnel et du public en général dans l'installation ou dans le voisinage;
5. l'évaluation des techniques radiologiques et des techniques de traitement des films radiographiques du point de vue de la radioprotection. On *doit* porter attention à toutes les méthodes de travail qui sont ou qui pourraient être nuisibles aux personnes travaillant dans l'installation. Dans de tels cas, on *devrait* formuler des recommandations relatives à des techniques qui présentent moins de danger, et
6. les recommandations relatives à la nécessité d'une inspection de rappel.

6. Spécifications des appareils

6.1 Appareils à rayons X

Tous les appareils à rayons X utilisés en médecine vétérinaire et leurs accessoires, qui sont vendus au Canada, *doivent* être conformes à la *Loi sur les dispositifs émettant des radiations* et à la *Loi des aliments et drogues*. La *Loi sur les dispositifs émettant des radiations* ne comporte pas de normes particulières pour les appareils à rayons X utilisés en médecine vétérinaire, mais ces appareils *doivent* être conformes aux dispositions générales de la Loi. En ce qui concerne la *Loi sur les aliments et drogues*, les exigences sont indiquées dans les Règlements sur les instruments médicaux promulgués en vertu de cette Loi. Le fabricant ou le distributeur *doit* veiller à ce que les appareils soient conformes aux exigences stipulées dans ces Lois.

Ces exigences peuvent être modifiées de temps à autre afin de suivre l'évolution de la technologie dans le domaine de la radioprotection et de la médecine vétérinaire. On peut obtenir des renseignements sur l'applicabilité de la *Loi sur les dispositifs émettant des radiations* en communiquant avec le Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux, ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Ottawa (Ontario), K1A 1C1.

Chaque fois que cela est possible, et dans la mesure où cela est pratique, il faudrait modifier les appareils à rayons X existants de façon à intégrer le plus grand nombre possible de mécanismes de sécurité et facteurs de rendement décrits ci-dessous. Les nouveaux appareils à rayons X *devraient* également comprendre le plus grand nombre possible de mécanismes de sécurité et de facteurs de rendement.

Afin d'assurer une protection maximale du personnel et des visiteurs, tous les appareils à rayons X *devraient* répondre au moins à certaines exigences de base.

1. ***Écriteau de mise en garde*** : Le tableau de commande des appareils à rayons X *doit* porter une inscription permanente et visible interdisant l'utilisation de l'appareil sans autorisation et indiquant qu'il y a émission de rayons X lorsque l'appareil fonctionne.

2. ***Marquage*** : Toutes les commandes, tous les voyants, signaux lumineux et autres indicateurs nécessaires au fonctionnement des appareils *doivent* être facilement reconnaissables et avoir leurs fonctions clairement indiquées sur une étiquette.
3. ***Voyant d'irradiation*** : Le tableau de commande *doit* comporter un voyant séparé et facilement reconnaissable qui indique l'émission des rayons X.
4. ***Stabilité mécanique*** : **Le tube radiogène** *doit* être fixé solidement et aligné correctement à l'intérieur de la gaine. L'ensemble radiogène *doit* maintenir sa position sans dévier ou vibrer de façon excessive pendant le fonctionnement.
5. ***Contrôle de l'irradiation*** : L'appareil *doit* être muni d'un commutateur d'exposition, une minuterie ou un autre dispositif pour commencer et arrêter les irradiations. Ce dispositif *doit* automatiquement mettre fin à l'irradiation après qu'une durée prédéterminée, ainsi que le produit prédéterminé du courant et le temps ou la valeur d'irradiation ont été atteints. Ce commutateur d'exposition *doit* nécessiter une pression constante de la part de l'opérateur pour qu'il y ait émission de rayonnement X. S'il s'agit d'un commutateur à pédale, il *doit* être conçu de façon à ce qu'aucun rayonnement ne soit produit s'il est tourné accidentellement à l'envers. Cette minuterie *doit* être de type électronique; on *ne doit pas* utiliser une minuterie mécanique.
6. ***Indication des paramètres de charge*** : Dans le cas des appareils à rayons X qui sont dotés de paramètres de charge réglables, le tableau de commande *doit* incorporer des indicateurs qui permettent de déterminer ces paramètres. Dans le cas des appareils qui n'ont pas de paramètres de charge réglables, des marques ou des étiquettes permanentes peuvent être utilisées pour indiquer ces paramètres.
7. ***Précision de la minuterie*** : La minuterie radiographique *devrait* être telle qu'à chaque réglage du temps d'exposition, elle soit précise à 1/60 de seconde ou à 7% du réglage, suivant la mesure qui est la plus grande.
8. ***Précision de la tension radiogène*** : Le générateur *devrait* être tel qu'à chaque réglage de la tension, il soit précis à 5% près de ce réglage.
9. ***Reproductibilité de l'irradiation*** : Le coefficient de variation de dix irradiations consécutives, prises à la même distance au cours d'une période d'une heure *ne devrait* pas être supérieur à 0,1 pour toute combinaison de tension du tube, de courant et de temps d'exposition supérieur à 1/10 de seconde. Le coefficient de

variation est défini comme le rapport entre l'écart type et la valeur moyenne d'une série de mesures d'irradiation, calculé selon l'équation suivante :

$$C = \frac{1}{\langle X \rangle} = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \langle X \rangle)^2}{n-1} \right\}^{1/2}$$

où C = coefficient de variation
X_i = mesure de la i^e exposition
$\langle X \rangle$ = valeur moyenne des mesures d'exposition
n = nombre de mesures d'exposition

10. ***Blindage du tube radiogène*** : Le tube radiogène *doit* être enfermé dans une gaine blindée. Le rayonnement de fuite émis à travers la gaine du tube radiogène *ne doit pas* dépasser 0,873 mGy (100 mR) pendant une période d'une heure à une distance d'un mètre pour la tension nominale du tube de l'appareil.
11. ***Dispositif de limitation du faisceau*** : La gaine du tube radiogène *doit* être équipée d'un dispositif de limitation du faisceau qui permette de régler le champ de rayonnement X servant à l'exposition. Ce dispositif *devrait* comprendre des moyens pour indiquer la dimension du champ de rayonnement au niveau de la zone de réception de l'image.
12. ***Couche de demi-atténuation*** : Pour un kilovoltage donné, la valeur mesurée de la couche de demi-atténuation du faisceau utile doit suivre les limites ci-dessous :
    - Pour les appareils conçus pour fonctionner à des tensions radiogènes inférieures à 70 kilovolts, la couche de demi-atténuation *ne doit pas* être inférieure à 1,5 millimètre d'aluminium (mmAl).

- Pour les appareils conçus pour opérer à des tensions radiogènes supérieures ou égales à 70 kilovolts, la couche de demi-atténuation ne doit pas être inférieure à :
  2,1 mmAl à 70 kVp,
  2,3 mmAl à 80 kVp,
  2,5 mmAl à 90 kVp,
  2,7 mmAl à 100 kVp,
  3,0 mmAl à 110 kVp,
  3,2 mmAl à 120 kVp,
  3,5 mmAl à 130 kVp,
  3,8 mmAl à 140 kVp,
  4,1 mmAl à 150 kVp.

6.2 Vêtements de protection

Les tabliers de protection, les gants et les protège-glande thyroïde utilisés pour les examens radiologiques en médecine vétérinaire *doivent* assurer une atténuation équivalente à au moins 0,5 mm de plomb pour des tensions pouvant atteindre 150 kVp. L'épaisseur équivalente de plomb du matériau utilisé *doit* être indiquée de façon permanente et lisible sur les dispositifs de protection. Les gants *doivent* assurer une protection complète de la main, doigts et poignet inclus.

Les tabliers de protection, les gants et les protège-glande thyroïde *doivent* être entreposés et conservés conformément aux recommandations du fabricant. Il est également recommandé de vérifier par radiographie tous les vêtements et dispositifs de protection une fois par année ou lorsqu'un défaut est soupçonné.

6.3 Chambre noire et traitement du film

L'irradiation nécessaire pour produire un radiogramme de qualité satisfaisante pour établir un diagnostic dépend non seulement des paramètres de charge et de la combinaison film-écran utilisée, mais aussi de la manipulation et du traitement du film. Un mauvais traitement de film peut donner des radiogrammes de mauvaise qualité pour le diagnostic, ce qui nécessite une augmentation des paramètres de charge ou des irradiations répétées. Ceci entraînerait une augmentation de l'intensité du rayonnement diffusé et du rayonnement de fuite à laquelle le personnel serait exposé. L'observation des lignes directrices suivantes relativement à la conception de la chambre noire,

du traitement du film et de son entreposage améliorera la qualité diagnostique des films et réduira l'intensité du rayonnement dans l'installation.

1. La chambre noire *ne doit pas* laisser entrer la lumière.
2. Un avertisseur lumineux *devrait* être placé à l'extérieur de la chambre noire pour indiquer quand la pièce est utilisée.
3. Des lampes de sécurité, munies d'ampoules de bonne intensité et de filtres appropriés aux spécifications des films utilisés, *doivent* être placées au-dessus de la zone de travail dans la chambre noire.
4. Les recommandations des fabricants relatives à la concentration et à la température des solutions, et à la durée d'immersion *doivent* être suivies pour assurer le meilleur développement possible.
5. Les recommandations des fabricants relatives au fonctionnement et à l'entretien des appareils automatiques de développement *doivent* être suivies pour assurer un développement optimal des films.
6. Les solutions pour le développement *devraient* être renouvelées conformément aux recommandations des fabricants.
7. Les films radiographiques non utilisés *doivent* être entreposés de manière à être protégés contre les rayonnements parasites. L'entreposage *devrait* être tel qu'aucun film ne reçoive plus de 1,75 µGy (0,2 mR) de rayonnement parasite avant d'être utilisé. Le blindage nécessaire dépendra de la durée d'entreposage et de la charge de travail de l'installation. Cela peut être calculé à partir du tableau de l'Annexe III.
8. Les films *devraient* être entreposés dans un endroit frais et sec.

7. Mesures pour réduire l'exposition du personnel à l'irradiation

Les lignes directrices et les mesures mentionnées dans la présente section visent principalement la protection du personnel. L'observation de ces lignes directrices assurera également la protection des visiteurs et d'autres personnes se trouvant dans le voisinage d'une installation radiographique. Toutefois, les méthodes de travail adéquates et les mesures relatives à l'utilisation de différents types d'appareils à rayons X devraient être considérées comme une exigence minimale, qui pourra être accrue par des exigences supplémentaires justifiables, pour couvrir des situations spéciales d'installations particulières.

Afin d'assurer une sécurité maximale, les opérateurs *doivent* faire tous les efforts possibles pour maintenir au niveau le plus bas possible les expositions au cours de leur travail et celles des autres membres du personnel; les limites indiquées à l'Annexe I étant considérées comme des valeurs maximales qui *ne doivent pas* être dépassées.

7.1 Recommandations générales

1. Une salle de radiologie *ne doit pas* être utilisée pour plus d'un examen à la fois.
2. Toutes les portes d'une salle de radiographie *devraient* être fermées pendant que l'on effectue un examen radiographique.
3. Les appareils à rayons X qui sont sous tension et prêts à émettre des rayonnements *ne doivent jamais* être laissés sans surveillance.
4. Seules les personnes dont la présence est indispensable *doivent* se trouver dans la salle de radiographie lorsqu'un examen radiographique est effectué.
5. Toutes les personnes *doivent* utiliser au mieux les dispositifs de protection mis à leur disposition.
6. On *ne doit jamais* tenir de la main la gaine du tube radiogène ou la soutenir par une partie quelconque du corps au cours des irradiations.

7. Lorsqu'il y a une cabine de contrôle ou des écrans de protection, les opérateurs *doivent* demeurer à l'intérieur ou derrière ceux-ci lorsqu'ils effectuent une irradiation. S'il n'y a pas de cabine de contrôle ou d'écran protecteur, les opérateurs *doivent* porter des vêtements de protection.
8. Le personnel *doit* toujours se tenir aussi loin que possible du faisceau de rayonnement. Le personnel *ne doit jamais* s'exposer au faisceau de rayonnement à moins qu'il ne soit suffisamment atténué par l'animal, par des vêtements de protection ou par des écrans protecteurs.
9. S'il le faut, on *devrait* placer l'animal sous sédatif ou avoir recours à des appareils de contention pendant l'examen radiographique. Toutefois, si cela est impossible et qu'une personne *doit* contenir l'animal, cette personne *doit* porter un tablier et des gants protecteurs et éviter d'être irradiée par le faisceau primaire. Personne ne *devrait* accomplir ces tâches de façon régulière.
10. On *doit toujours* utiliser un porte-cassette. La cassette radiographique *ne doit jamais* être tenue à la main.
11. Tous les opérateurs d'appareils à rayons X ainsi que le personnel qui participe couramment à des examens radiographiques, et les autres personnes qui sont susceptibles de recevoir une dose de rayonnement supérieure à 1/20 des limites de dose équivalente admissibles indiquées à l'Annexe I, *doivent* porter des dosimètres individuels.
12. Lorsque l'on porte un tablier protecteur, le dosimètre individuel *doit* être porté sous le tablier. Lorsque l'irradiation peut être importante, on peut porter un deuxième dosimètre individuel au niveau du cou. Dans ces cas, il peut être utile de consulter l'organisme fédéral ou provincial approprié. Si les extrémités risquent d'être exposées à des doses très élevées, des dosimètres supplémentaires *devraient* être portés à ces extrémités.
13. Dans le cas de toute personne qui reçoit régulièrement des doses de rayonnement supérieures à 20% des limites de dose équivalente admissibles indiquées à l'Annexe I, on *doit* étudier la nature et la cause de l'irradiation et des dispositions *doivent* être prises afin d'améliorer les méthodes de travail et les moyens de protection.
14. Les appareils à rayons X ne *doivent* être utilisés que par des personnes compétentes ou sous la surveillance directe de personnes qualifiées.

15. Dans le cas d'examen radiographique sur table, lorsque les côtés de la table ne sont pas blindés, une feuille de plomb d'au moins 1 mm d'épaisseur et légèrement plus large que la taille maximale du faisceau *devrait* être placée juste sous la cassette ou le film.
16. On *doit* utiliser la combinaison la plus rapide de films et d'écrans renforçateurs qui est compatible avec des résultats acceptables sur le plan diagnostique et dans les limites des capacités des appareils.

Annexe I
Limites de dose équivalente admissibles pour les opérateurs et le personnel exposés au rayonnement X au travail

Lorsqu'il s'agit de radioprotection, on classifie les individus en deux catégories principales, à savoir ceux qui sont exposés aux radiations au cours de leur travail (travailleurs sous radiation) et les autres. Le tableau qui suit donne les niveaux maximaux admissibles pour ces deux catégories. Ces limites de dose équivalente sont basées sur les plus récentes recommandations de la Commission internationale de radioprotection (CIRP) telles qu'indiquées dans la *Publication 60* de la CIRP.

Les limites de dose équivalente admissibles pour les travailleurs sous radiation *ne* tiennent compte *que* des irradiations résultant directement de l'activité professionnelle et n'incluent pas les irradiations provenant d'autres sources, que ce soit une radiographie médicale ou le rayonnement ambiant.

	Limites de dose équivalente annuelle admissible	
Organe ou tissu	Travailleurs sous radiation	Autres travailleurs et public en général
Corps entier	20 mSv	1 mSv
Cristallin de l'oeil	150 mSv	15 mSv
La peau	500 mSv	50 mSv
Les mains	500 mSv	50 mSv
Tous les autres organes	500 mSv	50 mSv

Notes :

1. Toute exposition peut représenter un certain risque. Bien que les niveaux de dose équivalente recommandés dans cette partie du code soient des valeurs maximales toutes les doses *devraient* être réduites le plus possible et toute exposition inutile *doit* être évitée.
2. Le CIRP ne fait pas de différence entre les hommes et les femmes en âge de procréer, si la dose est reçue à un débit régulier.

3. Lorsqu'une femme travaillant sous radiation a été déclarée enceinte, le foetus *devrait* être protégé contre l'exposition externe en appliquant une *limite* de dose de 2 mSv à l'abdomen de la femme pendant le reste de la grossesse. Cette dose ne *doit* pas dépasser 1 mSv durant la période de 8 à 15 semaines après la conception.
4. Pour les techniciens en stage de formation et les étudiants, les limites de dose équivalente admissible *devraient* être les mêmes que pour le public en général.
5. La CIRP ne recommande pas de limite spécifique pour chacun des organes. La Commission estime que l'on peut prévenir les effets déterministiques en imposant une limite annuelle de dose équivalente de 500 mSv pour tous les tissus à l'exception du cristallin de l'oeil, pour lequel elle recommande une limite de 150 mSv par an.
6. La dose équivalente pour la peau est calculée en prenant la moyenne sur toute sa surface. Dans les situations où les effets déterministiques sont probables, la limite de dose équivalente est 500 mSv et est calculée en prenant la moyenne sur des surfaces inférieures à 1 cm^2. Cette limite s'applique à la peau de la face et aux mains.
7. Dans certaines circonstances, la CIRP permet une limite annuelle supérieure si la dose moyenne, calculée sous une période de cinq ans, est moindre que la limite annuelle. Cette limite supérieure est de 50 mSv pour les travailleurs sous radiation. En médecine vétérinaire, aucune circonstance ne devrait permettre l'utilisation de la limite supérieure.
8. Certaines juridictions provinciales peuvent avoir des valeurs différentes au niveau des limites de dose équivalente admissibles. Une consultation avec l'agence appropriée peut être nécessaire pour déterminer les valeurs en vigueur dans cette province.

Annexe II
Normes d'évaluation du blindage pour les installations de radiographie vétérinaire

Pour calculer l'épaisseur des écrans protecteurs nécessaires, certains renseignements préalables sont essentiels. En bien des cas, les tableaux 1 et 2 de cette annexe indiqueront directement l'épaisseur de plomb ou de béton requise pour réduire le rayonnement aux limites de dose équivalente admissibles recommandées. En d'autres cas, il est recommandé que le propriétaire de l'installation communique avec l'organisme responsable afin d'obtenir plus de renseignements sur les normes requises pour le blindage et leurs calculs. Dans les deux cas, il faut d'abord répondre aux questions suivantes :

1. Quelle distance y a-t-il entre le point le plus rapproché de la surface à blinder et la position d'utilisation moyenne du tube radiogène?
2. La zone doit-elle être reconnue comme surveillée ou non, c'est-à-dire sera-t-elle occupée par des personnes préposées à l'utilisation des appareils radiogènes (soumises à la limite de 20 mSv par année) ou des personnes ne travaillant pas sous radiation (limite de 1 mSv par année)?
3. L'écran protecteur entre le tube radiogène et la zone occupée sera-t-il un écran de protection primaire ou secondaire, c'est-à-dire devra-t-il atténuer le faisceau primaire ou uniquement le rayonnement parasite (de fuite et diffusé)?
4. Quelle est, ou quelle sera, la charge maximale de travail de l'unité radiographique? (La charge de travail d'une installation radiographique se définit comme la durée d'utilisation d'un appareil radiogène, exprimée en milliampères-seconde par semaine.)
5. Quel est, ou quel sera, la tension maximale et moyenne du tube radiogène?

Tableau I
Écran protecteur primaire nécessaire pour une exposition de 17,5 μGy (2 mR) par semaine (zone non surveillée)

Les données classifiées représentent la quantité maximale de plomb ou de béton requise pour réduire l'exposition dans les zones non surveillées à 17,5 μGy (2 mR) en une semaine. Ces épaisseurs d'écran servent dans le cas d'une source unique de rayonnement. Si plus d'une source irradie le secteur d'intérêt, on doit tenir compte, dans la détermination du blindage requis, de la contribution de chaque source. De plus, on doit considérer pleinement les matériaux des structures envisagées ou existantes dans le calcul du blindage requis.

L'épaisseur de plomb et de béton nécessaire est donnée en nombres arrondis à 0,05 mm et 0,5 cm respectivement. (La feuille de plomb n'est offerte commercialement qu'en épaisseurs données au tableau 3.)

. Plomb

Tension du tube kVp	Charge de travail mA-sec/sem	mm de plomb requis à une distance de la source de					
		1m	2m	3m	4m	5m	8m
70	500	0,75	0,50	0,40	0,30	0,25	0,20
	250	0,65	0,40	0,30	0,25	0,20	0,15
	100	0,50	0,30	0,20	0,15	0,15	0,10
	50	0,40	0,20	0,15	0,10	0,10	0,05
	25	0,30	0,15	0,10	0,10	0,10	-
	10	0,20	0,10	0,10	0,05	-	
	5	0,15	0,10	0,05	-		
100	500	1,90	1,35	1,05	0,85	0,75	0,45
	250	1,60	1,10	0,85	0,65	0,55	0,30
	100	1,30	0,80	0,55	0,40	0,30	0,20
	50	1,05	0,60	0,40	0,30	0,20	0,10
	25	0,80	0,40	0,25	0,20	0,15	0,05
	10	0,55	0,25	0,15	0,10	0,05	-
	5	0,35	0,15	0,10	0,05	-	
125	500	2,30	1,70	1,40	1,20	1,05	0,70
	250	2,00	1,45	1,15	0,95	0,80	0,50
	100	1,60	1,10	0,85	0,65	0,50	0,30
	50	1,35	0,85	0,60	0,45	0,35	0,20
	25	1,10	0,65	0,40	0,30	0,20	0,10
	10	0,80	0,40	0,20	0,15	0,10	-
	5	0,60	0,25	0,15	0,10	0,05	-

Tableau 1 (Suite)

Tension du tube kVp	Charge de travail mA-sec/sem	mm de plomb requis à une distance de la source de					
		1m	2m	3m	4m	5m	8m
150	500	2,60	2,00	1,70	1,45	1,30	0,95
	250	2,30	1,75	1,40	1,20	1,05	0,75
	100	1,90	1,35	1,10	0,90	0,75	0,45
	50	1,65	1,10	0,85	0,65	0,55	0,30
	25	1,35	0,90	0,60	0,45	0,35	0,15
	10	1,05	0,60	0,35	0,25	0,15	0,05
	5	0,80	0,40	0,20	0,15	0,10	-

B. Béton

		cm de béton requis à une distance de la source de					
70	500	8,5	6,5	5,0	4,5	3,5	2,5
	250	7,5	5,5	4,0	3,5	3,0	1,5
	100	6,0	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0
	50	5,0	3,0	2,0	1,5	1,0	0,5
	25	4,0	2,0	1,5	1,0	0,5	-
	10	3,0	1,0	0,5	0,5	-	
	5	2,0	1,0	0,5	-		
100	500	15,0	11,5	10,0	9,0	7,5	5,5
	250	13,0	10,0	8,0	7,0	6,0	4,0
	100	11,0	8,0	6,0	5,0	4,0	2,0
	50	9,5	6,5	4,5	3,5	2,5	1,0
	25	8,0	5,0	3,5	2,0	1,5	1,0
	10	6,0	3,0	1,5	1,0	0,5	-
	5	4,5	2,0	1,0	0,5	-	
125	500	19,0	15,0	12,5	11,0	10,0	7,5
	250	17,0	13,0	11,0	9,0	8,0	5,5
	100	14,5	10,5	8,5	7,0	5,5	3,5
	50	12,5	8,5	6,5	5,0	4,0	2,0
	25	10,5	7,0	5,0	3,5	2,5	1,0
	10	8,0	4,5	3,0	1,5	1,0	-
	5	6,5	3,0	1,5	0,5	0,5	-
150	500	23,0	18,5	16,0	14,0	12,5	9,5
	250	20,5	16,0	13,5	12,0	10,5	7,5
	100	18,0	13,0	11,0	9,0	7,5	4,5
	50	15,5	11,0	8,5	7,0	5,5	2,5
	25	13,0	9,0	6,5	4,5	3,0	1,5
	10	10,5	6,5	3,5	2,5	1,5	0,5
	5	8,5	4,0	2,0	1,0	0,5	-

Tableau 2
Écran protecteur secondaire nécessaire pour une exposition de 17,5 μGy (2 mR) par semaine (zone non surveillée)

Pour l'usage de ce tableau, se reporter aux explications accompagnant le tableau 1.

. Plomb

Tension du tube kVp	Charge de travail mA-sec/sem	mm de plomb requis à une distance de la source de					
		1m	2m	3m	4m	5m	8m
70	500	0,15	-				
	250	0,05	-				
	100	-					
	50						
	25						
	10						
	5						
100	500	0,30	0,10	-			
	250	0,15	-				
	100	0,05	-				
	50	-					
	25						
	10						
	5						
125	500	0,45	0,10	0,05	-		
	250	0,25	0,05	-			
	100	0,10	-				
	50	0,05	-				
	25	-					
	10						
	5						
150	500	0,60	0,20	0,10	-		
	250	0,35	0,10	-			
	100	0,15	-				
	50	0,05	-				
	25			-			
	10						
	5						

Tableau 2 (Suite)

B. Béton

Tension du tube kVp	Charge de travail mA-sec/sem	cm de béton requis à une distance de la source de					
		1m	2m	3m	4m	5m	8m
70	500	1,0	-				
	250	0,5	-				
	100	-					
	50						
	25						
	10						
	5						
100	500	3,0	0,5	-			
	250	1,5	-				
	100	0,5	-				
	50	-					
	25						
	10						
	5						
125	500	4,5	1,5	0,5	-		
	250	2,5	0,5	-			
	100	1,0	-				
	50	0,5	-				
	25	-					
	10						
	5						
150	500	6,0	1,5	1,0	-		
	250	3,5	1,0	-			
	100	1,5	-				
	50	0,5	-				
	25	-					
	10						
	5						

Tableau 3
Plaques de plomb offertes dans le commerce

Épaisseur		Poids nominal	Poids nominal
Pouces	Millimètres	lb/ft^2	kg/m^2
1/64	0,4	1	4,9
3/128	0,6	1 ½	7,3
1/32	0,8	2	9,8
5/128	1,0	2 ½	12,2
3/64	1,2	3	14,6
7/128	1,4	3 ½	17,1
1/16	1,6	4	19,5
5/64	2,0	5	24,4
3/32	2,4	6	29,3

Notes :

1. La densité du plomb laminé disponible est de 11,36 gr.cm^{-3}.
2. Les limites de tolérance sont de ± 0,13 mm pour les épaisseurs jusqu'à 1,4 mm et de ± 0,8 mm pour les épaisseurs au-delà de 1,4 mm.
3. Les feuilles d'une épaisseur moindre que 0,8 mm sont souvent plus coûteuses que celles d'épaisseur plus grande tant en ce qui concerne le matériel que l'installation.
4. Le plomb de type «acoustique» n'est pas recommandé pour le blindage.

Emploi de matériaux de construction ordinaires comme écran protecteur contre le rayonnement X

Les matériaux de construction communément employés offrent un certain degré de protection contre le rayonnement. Ce degré dépend du genre de matériau et de son épaisseur, ainsi que de la tension du tube radiogène auquel l'appareil fonctionne. Dans certains cas, l'utilisation judicieuse de matériaux de construction communément employés, ou un choix minutieux de l'emplacement et de l'orientation de l'appareil radiographique peut éliminer le besoin de blindage supplémentaire sans compromettre pour autant la sécurité de l'installation.

Les propriétés protectrices contre le rayonnement de quelques matériaux de construction et de leurs combinaisons sont fournies ci-dessous. On doit se rappeler que l'épaisseur de différents matériaux offrant une atténuation équivalente dans un concours de circonstances données peut se comporter bien différemment dans d'autres circonstances. Les matériaux décrits dans le tableau 4 ne sont pas appropriés pour un blindage primaire. Leur utilisation doit se limiter à la construction d'écran de protection secondaire.

Tableau 4
Équivalence approximative en béton de certains matériaux de construction

	Épaisseur de béton (cm)					
Matériaux	50 kVp	70 kVp	85 kVp	100 kVp	125 kVp	150 kVp
1	10	10	10	10	10	10
2	7	7	7	7	7	7
3	2,3	2,3	2,3	2,3	(*)	(*)
4	0,5	0,5	0,5	0,5	(*)	(*)
5	0,8	0,8	0,8	0,8	(*)	(*)
6	1,0	1,0	1,0	1,0	(*)	(*)
7	1,4	1,4	1,4	1,4	(*)	(*)
8	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
9	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2

Matériel

1. Bloc de ciment creux + 2 couches de 2,2 cm de mortier + 2 couches de 0,8 cm de tuile.
2. Pyrobar de gypse + 2 couches de 2,2 cm de mortier.
3. 5 cm de plâtre de gypse
4. 1,0 cm de planche murale de gypse
5. 1,9 cm de planche murale de gypse
6. 2,54 cm de planche murale de gypse
7. 3,2 cm de planche murale de gypse
8. 1,0 cm de plaque de verre
9. 2,0 cm de plaque de verre

(*) Les matériaux de gypse ne sont pas recommandés comme écran protecteur à des tensions de tube supérieures à 100 kVp.

Annexe III
Normes d'évaluation du blindage pour l'entreposage des films radiographiques

Pour réduire le niveau de radiation reçu par les films radiographiques à 1,75 µGy (0,2 mR) pour des charges de travail d'une semaine de :

500 mA-sec à 100 kVp
200 mA-sec à 125 kVp
100 mA-sec à 150 kVp

	Distance entre le tube à rayons X et les films entreposés							
	2,0 m		3,0 m		4,0 m		5,0 m	
	plomb mm	béton cm	plomb mm	béton cm	plomb mm	béton cm	plomb mm	béton cm
Temps d'entreposage pour écrans primaires								
1 jour	1,6	15,2	1,3	12,6	1,1	10,9	1,0	9,6
1 semaine	2,3	20,4	1,9	17,9	1,7	15,9	1,5	14,5
1 mois	2,8	24,8	2,5	22,3	2,3	20,4	2,1	19,0
1 année	3,9	33,0	3,6	30,5	3,3	28,6	3,1	27,0
Pour écrans secondaires								
1 jour	0,2	1,5	0,1	1,0	-	-	-	-
1 semaine	0,6	5,4	0,3	2,5	0,2	1,5	0,1	1,0
1 mois	1,0	9,6	0,7	7,1	0,5	5,4	0,4	3,7
1 année	2,1	17,5	1,7	14,8	1,5	13,0	1,3	11,6

Annexe IV
Agences responsables de la radioprotection des installations vétérinaires

Alberta
Radiation Health Section
Occupational Health Branch
Division of Policy and Professional Services
Government of Alberta
10709 Jasper Avenue
Edmonton (Alberta)
T5J 3N3

Colombie-Britannique
Worker's Compensation Board of British Columbia
P.O. Box 5350 Stn Terminal
Vancouver (Colombie-Britannique)
V6B 5L5

Île-du-Prince-Édouard
Division of Community Hygiene
Department of Health and Social Services
Government of Prince Edward Island
P.O. Box 2000
Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard)
C1A 7N8

Manitoba
Radiation Protection Section
Manitoba Cancer Treatment and Research Foundation
100 Olivia Street
Winnipeg (Manitoba)
R3E 0V9

Nouveau-Brunswick
Services de radioprotection
Département de la santé et des services communautaires
Gouvernement du Nouveau-Brunswick
Boîte postale 5100
348, rue King
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5G8

Nouvelle-Écosse
Department of Health and Fitness
Government of Nova Scotia
7th Floor, Joseph Howe Building
P.O. Box 488
Halifax (Nouvelle-Écosse)
B3J 2R8

Ontario
Radiation Protection Service
Ontario Ministry of Labour
81 Resources Road
Weston (Ontario)
M9P 3T1

Québec
Division de la radioprotection
Ministère de l'environnement
Gouvernement du Québec
5199 est, rue Sherbrooke
Montréal (Québec)
H1T 3X9

Saskatchewan
Radiation Safety Unit
Department of Human Resources,
Labour and Employment
Government of Saskatchewan
1870 Albert Place
Regina (Saskatchewan)
S4P 3V7

Terre-Neuve
Medical and Hygiene Services
Employment and Labour Relations
Government of Newfoundland
Beothuck Building
P.O. Box 8700
St. John's (Terre-Neuve)
A1C 4J6

Territoires du Nord-Ouest
Occupational Health and Safety Division
Safety and Public Services
Government of the Northwest Territories
Box 1320
Yellowknife (T.N.-O.)
X1A 2L9

Territoire du Yukon
Occupational Health and Safety
Government of the Yukon Territory
P.O. Box 2703
Whitehorse (Territoire du Yukon)
Y1A 2C6

Annexe V
Unités de mesure des radiations – Système international (SI)

Exposition

L'unité de COULOMB/KILOGRAMME (C/kg) n'a pas reçu l'acceptation pour remplacer le ROENTGEN (R) comme unité d'irradiation. Suivant l'exemple de la Commission électrotechnique internationale, le KERMA dans l'air (en GRAYS) remplace l'EXPOSITION (en ROENTGENS) comme unité de mesure d'irradiation. La relation entre les deux unités est définie comme suit :

1 Gy	~ 114,55 R	1 R	~ 8,73 mGy
1 mGy	~ 114,55 mR	1 mR	~ 8,73 µGy

Dose absorbée

Le GRAY (Gy) remplace le RAD (rad) comme unité de la dose absorbée. La relation entre les deux unités est définie comme suit :

1 Gy	= 100 rad	1 rad	= 10 mGy
1 mGy	= 100 mrad	1 mrad	= 10 µGy

Équivalent de dose

Le SIEVERT (Sv) remplace le REM (rem) comme unité d'ÉQUIVALENT DE DOSE. La relation entre les deux unités est définie comme suit :

1 Sv	= 100 rem	1 rem	= 10 mSv
1 mSv	= 100 mrem	1 mrem	= 10 µSv

Note : m = milli = 10^{-3}; µ = micro = 10^{-6}

Bibliographie

Vous pouvez obtenir plus de détails sur les sujets traités dans ce code en consultant les ouvrages suivants :

1. "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", *ICRP Publication 60, Annals of the ICRP*, 21, 1-3 (1991).

2. "Structural Shielding Design and Evaluation For Medical Use of X-Rays and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV", *National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP Report No. 49* (1976).

3. "The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation", *National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D.C.* (1972).

4. "Radiation Quantities and Units", *International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU Publication 33,* (1980).